

AN ELECTRONICALLY TUNABLE REFLECTOR

Publication number: JP2003529259T

Publication date: 2003-09-30

Inventor:

Applicant:

Classification:

- international: H01Q15/14; H01Q1/38; H01Q3/44; H01Q13/08; H01Q15/00; H01Q21/06; H01H59/00; H01Q15/14; H01Q1/38; H01Q3/00; H01Q13/08; H01Q15/00; H01Q21/06; H01H59/00; (IPC1-7): H01Q15/14; H01Q1/38; H01Q13/08; H01Q21/06

- european: H01Q3/44; H01Q15/00C

Application number: JP20010571507T 20010110

Priority number(s): US20000537922 20000329; WO2001US00855 20010110

Also published as:



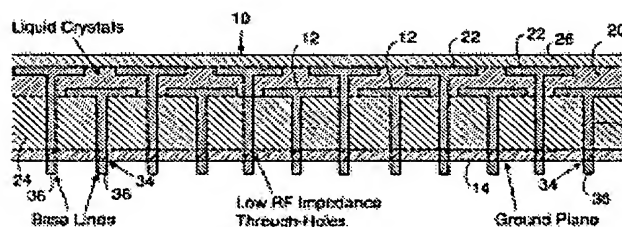
WO0173891 (A)
US6552696 (B1)
EP1273071 (A0)

Report a data error here

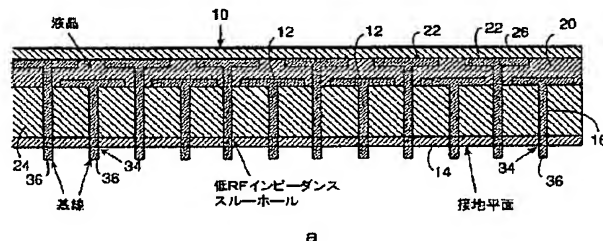
Abstract not available for JP2003529259T

Abstract of corresponding document: **WO0173891**

A tunable impedance surface for steering and/or focusing a radio frequency beam. The tunable surface comprises a ground plane; a plurality of elements disposed a distance from the ground plane, the distance being less than a wavelength of the radio frequency beam; and a capacitor arrangement for controllably varying the capacitance of adjacent top plates, the capacitor arrangement including a dielectric material which locally changes its dielectric constant in response to an external stimulus.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 入射する無線周波数ビームをステアリングかつ／または合焦する同調可能インピーダンス表面であって、

(a) 接地平面と、

(b) 無線周波数ビームの波長より短い一定距離または様々な距離だけ前記接地平面から離隔した複数の素子と、

(c) 外部刺激に応答してその誘電率を局所的に変化させる誘電材料を含む隣接する素子のキャパシタンスを制御可能に変化させるコンデンサ装置とを含む同調可能インピーダンス表面。

【請求項 2】 前記接地平面を 1 つの主表面上で支持し、そして、前記複数の素子の第 1 のグループを別の主表面上で支持する絶縁体をさらに含む、請求項 1 に記載の同調可能インピーダンス表面。

【請求項 3】 前記複数の素子の第 2 のグループをその主表面上で支持する第 2 の絶縁体をさらに含む、請求項 2 に記載の同調可能インピーダンス表面。

【請求項 4】 前記コンデンサ装置が、前記複数の素子のインピーダンスを電氣的に同調させるように調節可能であり、前記外部刺激が複数の AC バイアス信号によって提供される、請求項 3 に記載の同調可能インピーダンス表面。

【請求項 5】 前記複数の素子がそれぞれ、無線周波数ビームの波長より短い外側寸法を有する、請求項 4 に記載の同調可能インピーダンス表面。

【請求項 6】 素子の前記第 1 のグループが前記接地平面と接続された、請求項 5 に記載の同調可能インピーダンス表面。

【請求項 7】 素子の前記第 2 のグループが AC バイアス信号を受信するように接続された、請求項 6 に記載の同調可能インピーダンス表面。

【請求項 8】 前記第 2 の絶縁体が、前記第 1 の絶縁体から離隔し、これと平行になるように配置され、外部刺激に応答してその誘電率を局所的に変化させる前記誘電材料が 2 つの絶縁体の間に配置された、請求項 7 に記載の同調可能インピーダンス表面。

【請求項 9】 外部刺激に応答してその誘電率を局所的に変化させる前記誘電材料が液晶材料である、請求項 8 に記載の同調可能インピーダンス表面。

【請求項 10】 前記複数の素子が 2 次元アレイ状に配列された、請求項 9 に記載の同調可能インピーダンス表面。

【請求項 11】 前記複数の素子が 1 次元アレイ状に配列された、請求項 9 に記載の同調可能インピーダンス表面。

【請求項 12】 前記複数の素子のうちの隣接した素子の間に接続された複数の MEMS コンデンサをさらに含む、請求項 1 から 11 のいずれか一つに記載の同調可能インピーダンス表面。

【請求項 13】 前記複数の MEMS コンデンサが、前記第 2 のグループの素子のうちの隣接した素子の間に接続された、請求項 12 に記載の同調可能インピーダンス表面。

【請求項 14】 前記複数の素子が、第 1 および第 2 のグループにグループ分けされ、前記第 1 のグループが前記接地平面に接続され、そして、第 2 のグループが前記外部刺激を受ける、請求項 1 から 13 のいずれか一つに記載の同調可能インピーダンス表面。

【請求項 15】 前記外部刺激がバイアス電圧である、請求項 14 に記載の同調可能インピーダンス表面。

【請求項 16】 無線周波数信号について高インピーダンス表面を同調させる方法であって、

複数の実質的に離隔した平面状導電性表面を、導電性の裏面と実質的に平行にかつそこから離隔して配置されたアレイ状に配列するステップであって、各導電性表面のサイズは無線周波数信号の波長より小さく、各導電性表面の前記裏面からの間隔は無線周波数信号の波長より短いところのステップと、

誘電材料の誘電率を局所的に変化させることによって、隣接する導電性表面間のキャパシタンスを変化させ、それにより前記高インピーダンス表面のインピーダンスを同調させるステップとを含む方法。

【請求項 17】 前記複数の実質的に離隔した平面状導電性表面を絶縁体上に配列する、請求項 16 に記載の方法。

【請求項 18】 前記アレイ中の隣接する導電性表面間のキャパシタンスを

変化させるステップが、前記誘電材料と隣接して配置されたコンデンサの電極にバイアス信号を供給することを含む、請求項 16 または 17 に記載の方法。

【請求項 19】 前記分離した平面状導電性表面のうちの隣接する表面の間に MEMS コンデンサを設けるステップをさらに含み、隣接する導電性表面間のキャパシタンスを変化させるステップが、前記 MEMS コンデンサにバイアス信号を送ることを含む、請求項 16、17、または 18 に記載の方法。

【請求項 20】 無線周波数信号のための同調可能反射表面であって、導電性接地平面と、前記接地平面と実質的に平行にかつそこから分離して配置されたアレイ状の複数の実質的に分離した平面状導電性表面であって、各導電性表面のサイズが前記無線周波数信号の波長より小さく、そして、各導電性表面の前記接地平面からの間隔が前記無線周波数信号の波長より短いところの平面状導電性表面と、前記複数の実質的に分離して配置された平面状導電性表面と隣接し、かつ前記接地平面から分離して配置された、局所的に変化する誘電率を有する材料とを含む同調可能反射表面。

【請求項 21】 前記複数の実質的に分離した平面状導電性表面が絶縁基板上に配列された、請求項 20 に記載の同調可能反射表面。

【請求項 22】 前記誘電材料に隣接し、かつ前記複数の実質的に分離した平面上導電性表面から間隔をあけて配置された複数のコンデンサ電極と、前記誘電材料に隣接して配置された前記コンデンサ電極にバイアス信号を供給する手段とをさらに含む、請求項 21 に記載の同調可能反射表面。

【請求項 23】 前記複数の実質的に分離した平面状導電性表面が絶縁基板上に配置され、前記複数のコンデンサ電極が第 2 の基板上に配置された、請求項 22 に記載の同調可能反射表面。

【発明の詳細な説明】

【0001】

(発明の分野)

本発明は、マイクロ波放射を含む無線周波を反射し、かつ液晶その他の電氣的に同調可能な媒質を使用して電氣的に同調可能な反射波に移相を施す表面に関する。

【0002】

(発明の背景)

無線周波数電磁ビームをステアリング（または合焦）することができる材料および／または表面が必要とされている。このような材料および／または表面は、衛星通信システムを含む無線周波数通信システムなど、様々な応用分野で極めて有用である。

【0003】

従来技術による無線周波数ビームをステアリングする手法では、一般に、移相器または機械式ジンバルを使用する必要がある。本発明では、ビームステアリングは可変コンデンサによって実施されるので、高価な移相器および信頼性の低い機械式ジンバルが不要となる。さらに、本明細書に開示の反射走査手法では、各放射素子上に別個の移相器を備えた従来のフェーズドアレイが不要である。本明細書に開示の同調可能表面は、いかなる指向性の高い静止給電アンテナの反射器としても作用することができるので、従来のステアリング可能なアンテナシステムの複雑さを大幅に解消し、その費用を大幅に削減することができる。

【0004】

通常の金属表面が電磁放射を π だけ移相させて反射することは、従来技術において公知である。しかし、1999年10月7日付のPCTWO99/50929公報に開示されているタイプのH i - Z 表面は、無線周波数放射を移相させずに反射することができる。

【0005】

図1に示すH i - Z 表面は、平坦な金属シートすなわち接地平面14の上方に配置された金属突起、すなわち、素子12のアレイからなる。これは、プリント

回路基板技術を用いて形成することができるが、その場合、垂直方向の接続は、プリント回路基板 18（図 2 参照）の上面上に形成された金属素子 12 とプリント回路基板 18 の底面上の導電性接地平面 14 とを接続する金属バリア 16 によって形成される。金属素子 12 は、2 次元格子状に配列され、平坦な金属接地平坦表面 14 から突出するマッシュルームや画鋏のようなものとして視覚的に確認することができる。平坦な上側表面上の金属素子 12 の最大寸法は、問題にしている周波数の 1 波長（ λ ）よりはるかに小さい。同様に、この構造の厚さも、問題にしている周波数の 1 波長よりはるかに小さい。

【0006】

H i - Z 表面の特性は、有効媒質モデルを使用して説明することができる。このモデルでは、H i - Z 表面には並列共振 LC 回路の表面インピーダンスに等しい表面インピーダンスが与えられる。この電磁構造を説明するために集中パラメータを使用することは、本明細書の場合など、問題にしている波長が個々のフィーチャのサイズよりはるかに大きいときに有効である。電磁波が H i - Z 表面と相互作用すると、それにより上部の金属素子 12 の端部に電荷が蓄積する。このプロセスは、実効キャパシタンス C によって支配されているものと説明することができる。電荷は、無線周波の場に応答して前後に移動するにつれて、長い経路に沿ってバリア 16 および底部接地平面 14 を流れる。磁界が、これらの電流と関連しており、したがって、インダクタンス L も、これらの電流と関連している。有効な回路素子を図 2 に示す。キャパシタンスは隣接する金属素子 12 の近接度によって制御され、インダクタンスは構造の厚さ（すなわち金属素子 12 と接地平面 14 の間の距離）によって制御される。

【0007】

共振 LC 回路のアレイまたは格子の存在は、H i - Z 表面の反射位相に影響を及ぼす。共振から外れた周波数では、通常の導体と全く同様に、表面波無線周波を π だけ移相して反射する。しかし、共振周波数では、表面波ゼロ位相で反射する。入射波の周波数が表面の共振周波数を通して同調されるにつれて、反射位相は完全に 1 周期、すなわち 2π だけ変化する。このことは、計算した反射位相および測定した反射位相の両方において、それぞれ図 3 および図 4 に示すように認

められる。

【0008】

反射位相がほぼゼロになると、構造物も効果的に表面波を抑制する。このことは、アンテナの応用分野において重要であることが認識されている。

【0009】

このタイプの構造は、重なり合ったコンデンサの極板を有する多層形態を含む様々な形態で構築されている。共振周波数が数百メガヘルツから数十ギガヘルツの範囲に及ぶような例も実証されており、本明細書に与える有効媒質モデルは、現在H i - Z表面と呼ばれるこれらの材料を分析し、設計するための有効なツールであることが分かっている。

【0010】

(本発明の簡単な説明)

本発明は、外部刺激に応答して誘電率を局所的に変化させる材料を使用してH i - Z表面の反射位相を同調させる方法および装置を含む。誘電率を局所的に変化させる材料として、液晶材料を使用することができる。別法として、液晶材料の代わりに、懸濁微小管、懸濁金属粒子、強誘電体、またはその他任意の例えば電氣的に同調可能な誘電率を有する媒質を使用することができる。この装置は電子的に再構成が可能であるので、巨視的な機械的運動を必要としない。その代わりに、液晶材料またはその他の適当な材料の層内で電界によって誘導される分子の向き換えを使用し、電氣的に同調可能なキャパシタンスを生み出す。同調可能なコンデンサは、H i - Z表面全体に分散した共振素子を構成し、その表面上の各点における反射位相を決定する。反射位相を位置の関数として変化させることにより、反射波を電子的にステアリングすることができる。さらに、この方法および装置を機械的技法と組み合わせて、さらに高い同調性を見込むことができる複合構造を形成することもできる。

【0011】

本発明の重要な特徴は下記の通りである。

【0012】

1. 液晶材料またはその他の同調可能な材料をH i - Z表面の容量性領域に組

み込み、同調可能な反射位相を有する表面を生成した構造。

【0013】

2. この開示の構造および方法を使用して、 H 面表面の有効帯域幅を拡大することができる。

【0014】

3. H 面表面と、液晶などの電氣的に同調可能な誘電率を有する媒質とを有する構造を使用して、マイクロ波または無線周波数ビームをステアリングまたは合焦する方法。

【0015】

本発明は、擬似光学素子で性能を改善することができる幅広い範囲のマイクロ波アンテナおよびミリメートル波アンテナに適用することができる。本発明は、様々な機能のためにアパーチャを絶えず再構成しなければならない宇宙に設置されるレーダーおよび空中通信ノード（ACN）システムに適用される。本発明を使用して、固定反射器を適応平面反射器で置き換え、ビームの方位付けおよびトラッキングに備えることができる。これらはまた、本明細書に開示の本発明を使用して製造することができるタイプの多機能アパーチャへの多くの商業的な応用分野でもある。

【0016】

一態様では、本発明は、入射する無線周波数ビームをステアリングし、そして／または合焦する同調可能インピーダンス表面を提供する。この同調可能表面は、接地平面と、無線周波数ビームの波長未満の距離だけ接地平面から離して配置された複数の素子と、外部刺激に応答してその誘電率を局所的に変化させる誘電材料を含む、隣接する素子のキャパシタンスを制御可能に変化させるコンデンサ装置とを含む。

【0017】

別の態様では、本発明は、無線周波数信号について高インピーダンス表面を同調させる方法を提供する。この方法は、複数の実質的に離隔した平面状導電性表面を、導電性の裏面に対して実質的に平行にかつそれから離隔して配置されたアレイとして配列するステップであり、各導電性表面のサイズが無線周波数信号の

波長より小さく、各導電性表面の裏面からの間隔が無線周波数信号の波長より短いステップと、誘電材料の誘電率を局所的に変化させることによって隣接する導電性表面の間のキャパシタンスを変化させ、それによって前記高インピーダンス表面のインピーダンスを同調させるステップとを含む。

【0018】

(詳細な説明)

図5aおよび図5bを参照すれば、単純な1次元形態の同調可能高インピーダンス表面が示されている。同調可能誘電体材料20をコンデンサの極板12、22の間に、またはそれらと隣接させて組み込むことにより、この表面の共振周波数を局所的に調節することができる。H i - Z 表面の反射位相を電子的に同調させるための材料として、液晶を使用する。液晶材料の代わりに、懸濁微小管など、その他の材料を使用することもできる。極板12および22を介して液晶材料にAC電氣的バイアス $V_1 \sim V_N$ を印加することにより、分子の向き変えによってその誘電率を変化させ、それによりH i - Z 表面の共振周波数を同調させることができる。特定の固定周波数では、これは反射位相の変化として現れる。別の視点から見れば、反射位相がゼロとなる周波数は印加電圧の関数として変化することになり、したがってこの表面の上方に配置されたアンテナを同調させることができる。この表面の様々な領域に様々な電圧 $V_1 \sim V_N$ を印加することにより、表面中の位置の関数として反射位相を電子的に規定することができ、これにより反射ビームをステアリングすることができる。運動が液晶材料中で分子レベルでしか起こらないので、これは静電ステアリングである。

【0019】

この単純化した形態では、この構造は、ガラスその他の絶縁材料製の2枚の別個の層24、26上にプリントその他の方法で形成した金属その他の導体の薄いストリップを使用して作成することができる。下側絶縁プレート24の後面には金属接地平面14が配置され、その前面には素子12が配置されている。上側絶縁プレート26の上には、コンデンサの極板または電極22が形成されている。絶縁材料製の2枚のプレート24、26は、近接して実質的に互いに平行に配置され、薄い液晶材料層20で分離されている。通常、液晶装置では、スペーサと

して作用する著しく小さな体積の複数のプラスチック球（図示せず）を追加することにより、その間隔を一定に保つ。導電性材料製の薄いストリップ 22 は、絶縁プレート 26 の縁部に電氣的接続部 22 a を有し、接地平面 14 に対するバイアス電圧 $V_1 \sim V_N$ をそこに印加することができる。別法として、各電極ごとにタップ付きのセグメント抵抗器を使用して、この構造に電圧勾配を与えることもできる。

【0020】

このような表面の基本的な幾何形状を図 5 a および図 5 b に示す。図 1 に示す垂直導電パイア 16 は、表面波を抑制するためにのみ必要なものであり、取り除いても反射位相に影響を及ぼすことはないので、この図には示されていない。また、説明を簡単にするために、図 5 a および図 5 b においては、コンデンサの極板または電極 22 を数枚しか示していないが、実際にはこのような極板または電極を多数使用することができることを理解すべきである。また、2 枚の絶縁プレート 24、26 の間にある適当な特性を有する液晶その他の材料 20 を制約する機械的な詳細事項は、例えば液晶ディスプレイの技術分野では周知であるので、これらは示されていない。

【0021】

液晶材料（または高分子分散液晶）を例えば同調可能コンデンサとして使用するという概念を図 6 a 1 および図 6 a 2 に示す。また、均一に整列した液晶を利用する実施形態を図 6 b 1 および図 6 b 2 に示す。バイアス信号 V が印加されな
いとき、液晶材料 20 の分子は、図 6 a 1 に示すように電極と平行に配向される。これは周知の表面処理によって達成される効果である。例えば J. Cogard, Mol. Cryst. Liq. Cryst. Suppl. 1, 1 (1982) を参照されたい。電極 12、22 間に DC または AC バイアス電圧 V が印加されると、分子は、図 6 a 2 に示すように印加電界に沿って整列する。一般に、有効誘電率は、個々の分子の配向に依存した特性を有するテンソルである。したがって、バイアス電圧を選択的に印加し、それにより図 5 a および図 5 b に示す装置の様々な部分で様々な分子を整列させることにより、誘電率を特定の方向に沿って同調させることができる。図 5 b に示す場合では、同調はコンデンサの電極

22の長手方向の軸に対して垂直な方向に行われることになる。印加電圧がDC電圧である場合には、液晶は、「オン」または「オフ」のいずれかとなると考えることができる。液晶媒質によって与えられる誘電率を精密に制御するためには、印加電圧をAC電圧とし、液晶が印加AC電圧の周波数に従ってオンオフの切換えを繰り返すようにすることが好ましい。また、誘電率は、その時間平均が印加AC電圧の波形に従って制御される場合と同様に変化する傾向がある。誘電率を同調させると、コンデンサの値も同調させ、表面の反射位相を調節することになる。別法として、図6b1および図6b2に示すように、高分子分散液晶20を使用することもできる。ここで、液晶材料20は固体高分子21中の泡の形態をとっている。電圧Vが印加されないとき、図6b1に示すように、分子は無作為に配向されている。電圧Vが印加されると、図6b2に示すように、分子は電極に対して垂直に整列する。この技法により、応答が比較的速くなり、固体状態での構成が可能となる。J. W. Doane、N. A. Vaz、B. G. WuおよびS. ZumerによるAppl. Phys. Lett. 48、269 (1986)を参照されたい。

【0022】

この実施形態では、液晶材料は、(1)そのRMS値が液晶材料内の分子の配向を決定するACバイアス、および(2)振動が速すぎて液晶に影響を及ぼさない無線周波数信号という、2つの異なる周波数を受ける。

【0023】

金属プレート12およびコンデンサの電極22のサイズは、問題にしている波長よりはるかに小さいので、適当なサイズの反射器は、これらの小さな共振素子を数百個または千個以上含むことができる。各共振素子は、反射位相を表面上の位置の関数として同調させることを可能にする電気同調可能なコンデンサを含む。これにより、反射位相に直線的な傾きを与えることによって、反射ビームを任意の方向にステアリングすることが可能となる。この構造をビームステアリングに使用せず、単に所定のH_i-Z表面の最大動作帯域幅を拡大するために使用する場合には、印加電圧は表面全体で一様な関数となる。

【0024】

図7に示すようなリング形状を使用することにより、同様の概念を使用して同調可能合焦反射器を作成することができる。後述のように、金属製の複数のリングは、接地平面の縁部から、または、接地平面を通して設けることができる。各リング対の両端間に印加する電圧を変化させることによって、同調可能な焦点を有する合焦反射器が得られる。ここでも、説明を簡単にするためにコンデンサの電極22を数個しか示していないが、Hi-Z表面はこのような電極22を多数備えることを理解すべきである。また、同調可能材料20（液晶材料など）ならびにその他の機械的および電気的な詳細事項は、説明を簡単にするために図示していない。

【0025】

現在市販されている液晶材料で達成可能な誘電率の微小な変化は、10%程度である。しかし、30%もの同調性を有する材料が従来技術において公知である。S. T. Wu他のAppl. Phys. Lett. 74、344（1999）を参照されたい。反射位相が 2π だけ変化するようにHi-Z表面の幾何形状を選択すれば、どのような所望の位相変化でも達成することができる。ビームステアリングのためには、全位相変化が 2π であることが望ましいので、構造を薄くすることによってHi-Z表面の帯域幅を小さく保たなければならない。この要件は、現在のHi-Z表面で容易に満たされる。

【0026】

さらに、または別法として、液晶材料の同調性は、広帯域Hi-Z表面の帯域幅を拡大するために利用することもできる。この場合、所定の印加電圧に対して瞬間帯域幅ができる限り大きくなるように、この表面は比較的厚くなる。表面が厚くなればなるほど、瞬間帯域幅は広くなる。Hi-Z表面を同調可能にすることにより、所定の厚さで利用可能な全帯域幅を増大させることができる。どのような周波数にもHi-Z表面を同調させることは特定の時点で望ましい。これにより、最大の使用可能な周波数範囲、すなわち、「帯域幅」は効果的に拡大されるが、任意の特定の瞬間に利用可能な周波数範囲（すなわち「瞬間帯域幅」）は拡大されない。しかし、本発明の使用者が高い位相同調性を有する構造を目的としている場合には、比較的狭い瞬間帯域幅が好ましい場合もある。これは、狭い

瞬間帯域幅は、共振周波数の関数としての急な位相の傾きと、ひいては誘電率の所定の変化とに対応するからである。特に選択した材料の誘電率の変化性の範囲が制限されている場合には、このことは重要な考慮事項となりうる。

【0027】

図5aおよび図5bに示す単純な反射器は、1次元（または単軸）走査を行うことができる。2次元（または直交する2軸）の実施形態は、図8aおよび図8bに示す幾何形状によってもたらされる。T字型金属電極は、図1で与えたH i - Z表面に示す電極12および16と同様である。この設計の構造は最も一般的であり、2次元の走査および合焦の両方に使用される。もちろん、望ましい場合には、1次元の走査に使用することもできる。この実施形態では、バイアス線36は、接地平面14を通して配線することが好ましい。これにより、接地平面14への無線周波の漏れに関する問題が起こる可能性が生じる。この問題は、比較的厚い内側導体を有する同軸ケーブルなどの極めて低い無線周波数インピーダンスを有する線、渦巻インダクタ構造または低域LCフィルタ34を使用することによって解決することができる。これにより、無線周波数信号は接地平面に効果的に短絡され、裏面を伝搬することを妨げられ、ACバイアス信号 $V_1 \sim V_N$ の周波数は表面から反射されるRF信号の周波数より著しく低いので、バイアス線36を伝搬するACバイアス信号に影響を及ぼさない。有効または等価な低域フィルタを図8cの詳細図に示す。この図は、接地平面14中のスルーホール等の等価回路を示す。

【0028】

図5aおよび図5bに示す実施形態では、素子12は接地平面14にAC接続されていない（ただし接続することもできる）。図8aおよび図8bに示す実施形態では、素子12は、LCフィルタ34によって接地平面14にAC接続される（図8cに示す接地平面中のスルーホール等の等価回路を参照されたい）。素子12が接地平面14にAC接続されている場合には、表面波は抑制され、H i - Z表面はゼロ反射位相を有していてもよい。ゼロ反射位相は、ある応用分野では、アンテナ素子がH i - Z表面10のすぐ隣に位置することができるので重要である。このような応用分野では、表面波の抑制は、アンテナが普通であれば表面

波を励起するほど接近しているときに（1波長以内程度の距離にあるときに）、アンテナの放射パターンを改善するので重要である。例えば、同調可能H i - Z表面に隣接した、または、その上のダイポール素子の場合など、1つまたは複数のアンテナ素子を同調可能H i - Z表面上に、または、それに極めて近い位置に取り付けた場合には、表面波を抑制することが非常に望ましい。しかし、同調可能H i - Z表面に対して放射を行う給電ホーンの場合など、アンテナが同調可能H i - Z表面から比較的（1波長を超えて）離れている場合には、表面波の抑制はそれほど重要ではなく、図5 aおよび図5 bの実施形態に示すように素子1 2の接地平面1 4へのAC接続を省略することができる。このような実施形態においても、反射位相を何らかの周波数でゼロにすることができ、表面は、本明細書に記載の技術を用いて同調可能である。

【0029】

その他の点では、この構造はガラスその他の絶縁材料製の2枚の別個の層2 4、2 6上にプリントその他の方法で形成した金属その他の導電性材料の薄いプレートまたは電極1 2、2 2（図5 aおよび図5 bではストリップ）を使用して作成することができる。従って、図8 aおよび図8 bに示す本実施形態は、図5 aおよび図5 bに示す実施形態と同様である。下側絶縁プレート2 4の後面には金属接地平面1 4が配置され、その前面には素子1 2が配置されている。上側絶縁プレート2 6上には、コンデンサの極板または電極2 2が形成されている。絶縁材料製の2枚のプレート2 4、2 6は、近接して実質的に互いに平行に配置され、薄い液晶材料層2 0で分離されている。通常、液晶装置では、スペーサとして作用する著しく小さな体積の複数のプラスチック球（図示せず）を追加することにより、その間隔を一定に保つ。素子1 2、2 2は、図8 bに示すように互いに重なり合って、液晶材料2 0が重なり合う極板の間に位置した状態で、重なり合う素子の間にコンデンサを形成する。液晶材料2 0の誘電率が、バイアス線3 6に印加される電圧に従って制御されるので、キャパシタンスは同調可能である。もちろん、何本かのバイアス線3 6を、図8 aおよび図8 bに示す装置の外部で接地することも、これらのバイアス線を接地平面1 4に直接接続することによって接地することも可能である。

【0030】

開示した実施形態は、液晶材料を利用する実施形態に注目したものであるが、本発明は、その他の材料とともに使用することもできる。液晶の代わりに使用することが可能なその他の有用な材料としては、懸濁微小管、懸濁金属粒子、強誘電体、高分子分散液晶、およびその他の同調可能誘電体などがある。

【0031】

既に示したような反射器を使用した実現可能なアンテナを図9に示す。静止ホーンまたはその他の高ダイバーシチ給電構造38が、液晶同調可能表面10に対して放射を行う。位置の関数としてこの表面に印加されるバイアスが、反射ビームの角度を決定する。現在の液晶技術を使用すると、わずかに数ミリ秒でビームをステアリングすることができる。大きな角度ステアリングするためには、図10に示すように、 2π の位相不連続性を使用する。この場合においては、構造は無線周波数フレネル放物面反射器と同様である。

【0032】

図11aおよび図12aは、高インピーダンス表面10のインピーダンスを変化させるために、可変誘電率材料（液晶材料20など（液晶材料を含む上側ガラス層は、説明を簡単にするために図示していない））に加えてMEMSによる同調可能機械式コンデンサ40を使用した、同調可能高インピーダンス表面を有する反射器の2つの異なる実施形態の側面図である。MEMSによる同調可能機械式コンデンサ40は、アドレス線36によって制御される。素子12は、2つのグループに分けて配列される。一方のグループ12aは、導体16によって背面14に直接（ACおよびDC）接地され、他方のグループ12bはLCフィルタ34によって背面14に単にAC接地される。したがって、線36のDC制御信号および比較的低い周波数のAC制御信号を使用して、MEMSコンデンサ40がもたらすキャパシタンスを変化させることができる。MEMSコンデンサがもたらすキャパシタンスは、液晶材料20がもたらすキャパシタンスを増大させる。液晶材料がもたらすキャパシタンスは、液晶制御線38に印加される制御電圧によって制御される。

【0033】

図 11b および図 12b は、上述した 2 つの実施形態の上面図であり、それぞれ図 11a および図 12a に対応している。素子 12 のグループ 12a は、上述した側面図では、実質的にそれらより上に配置されるグループ 12b の下に位置するので、仮想線で示してある。

【0034】

図 11a および図 11b の実施形態と、図 12a および図 12b の実施形態とは同様である。図 12a および図 12b の実施形態においては、MEMS コンデンサの制御線は、液晶制御線 38 と同軸に配線される。図 11a および図 11b の実施形態においては、MEMS コンデンサの制御線は、液晶制御線 38 と平行であるが、これらからずらして配線される。

【0035】

図から理解されるように、これらの実施形態では、MEMS コンデンサ 40 はグループ 12b 中の隣接する上部素子間に接続される。ただし、さらに、または別法として、MEMS コンデンサ 40 は、(i) 隣接する素子 12a 間に接続し、そして／または (ii) 異なるグループ中の隣接する素子 12 と接続することもできる（後者の場合、MEMS コンデンサ 40 は、グループ 12a 中の素子とグループ 12b 中の素子との間のギャップをブリッジすることになる）。

【0036】

「誘電率 (dielectric constant)」という用語は、電気および電子技術分野では周知である。この用語は材料の物理的特性に関し、この用語が採用された当時は、この特性は所与の各材料について「一定 (constant)」であると考えられていたことは間違いない。技術が進歩するにつれて、この「誘電率」という物理的特性を何らかの理由で変化させることができる材料が発見された。本発明では、このような材料の利点を利用して、同調可能反射器を提供する。液晶材料では、誘電率という物理的特性は、しばしば「複屈折」と呼ばれる。

【0037】

特定の実施形態に関連して本発明について述べたが、当業者であればその修正形態を思いつくであろう。したがって、本発明は、添付の特許請求の範囲によっ

て必要とされる場合を除いて、開示の実施形態に限定されるものではない。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

上部側面の金属プレートが金属メッキされたバイアを介して底部側面上の固体金属接地平面に接続された、米国仮特許第 60/079953 号に開示のタイプのプリント回路基板技術を用いて作成した高インピーダンス表面の斜視図である。

【図 2】

図 1 の $H-i-Z$ 表面のキャパシタンスおよびインダクタンスの有効媒質モデルの概略図である。

【図 3】

有効媒質モデルから得られた高インピーダンス表面の反射位相の計算結果を示す図であり、構造の共振周波数で位相がゼロと交差することを示している。

【図 4】

測定した反射位相が計算した反射位相と良く一致することを示す図である。

【図 5 a および図 5 b】

単純な 1 次元同調可能高インピーダンス表面の概略的な側面図および平面図である。

【図 6 a 1 および図 6 a 2】

均一に整列した液晶の印加電界に対する反応を示す図である。

【図 6 b 1 および図 6 b 2】

高分子が分散した液晶の印加電界に対する反応を示す図である。

【図 7】

単純なリング状同調可能高インピーダンス表面の概略平面図である。

【図 8 a および図 8 b】

単純な 2 次元同調可能高インピーダンス表面の概略的な側面図および平面図である。

【図 8 c】

接地平面を通るバイアス線の等価回路を示す図である。

【図 9】

静止給電アンテナのためのステアリング可能な反射器として作用する電子同調可能表面を示す図である。

【図 10】

入射波および電子同調可能表面から大きな角度で反射された反射波を示す図であり、反射を起こすためには位相関数を変化させることが必要であることを示している。

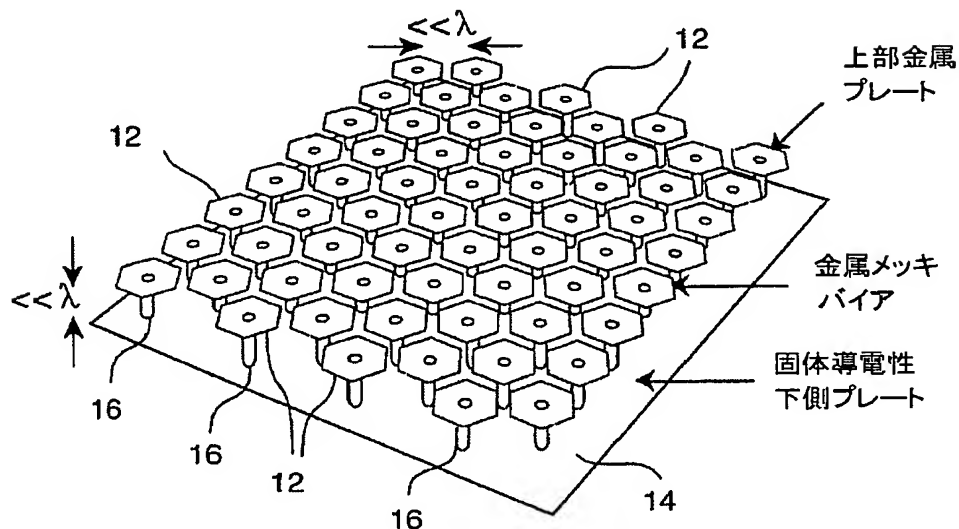
【図 11 a および図 11 b】

高インピーダンス表面のインピーダンスを変化させるために可変誘電率材料に加えてMEMSによる同調可能機械式コンデンサを使用した同調可能高インピーダンス表面の側面図および平面図である。

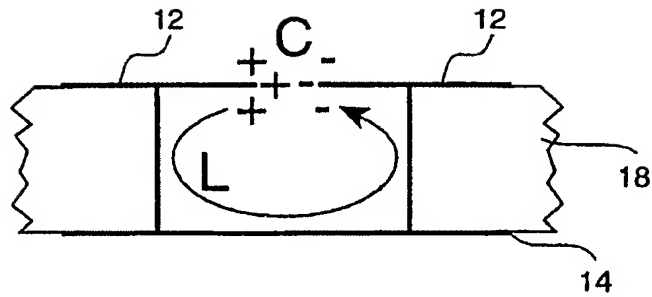
【図 12 a および図 12 b】

高インピーダンス表面のインピーダンスを変化させるために、可変誘電率材料に加えて、MEMSによる同調可能機械式コンデンサを使用した同調可能高インピーダンス表面の別の実施形態の側面図および平面図である。

【図 1】

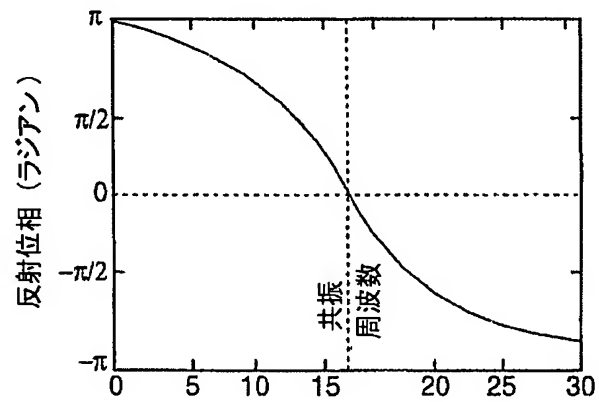


【図2】



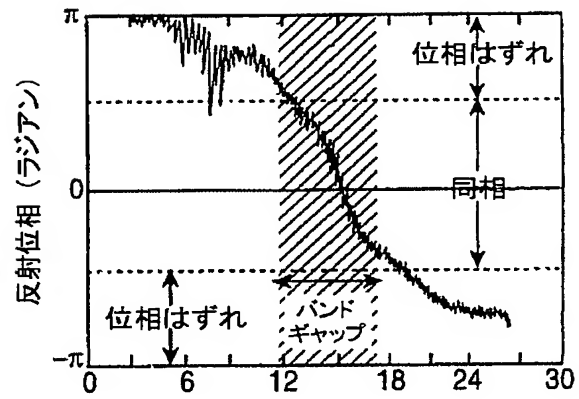
有効媒質モデルのキャパシタンスおよびインダクタンスの起源。
 キャパシタンスは隣接する金属プレートとの近接度によって制御され、
 インダクタンスは構造の厚さによって制御される。

【図3】



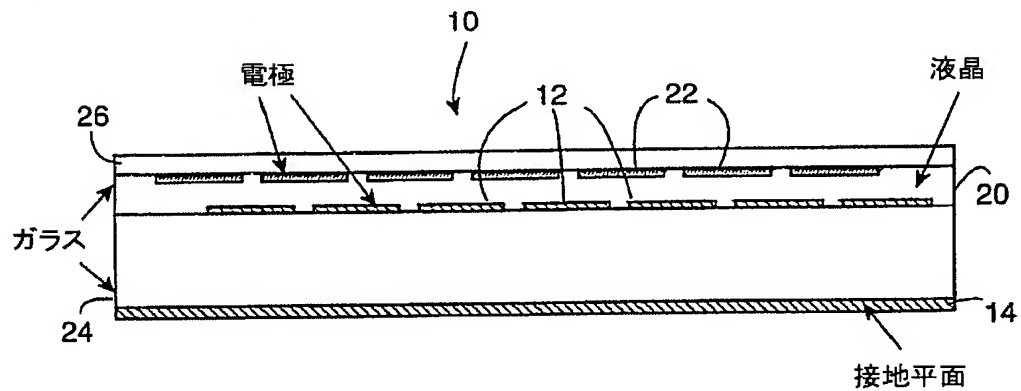
有効媒質モデルから得られた高インピーダンス
 表面の反射位相の計算結果。
 位相は構造の共振周波数でゼロと交差する。

【図4】



測定した反射位相は計算した反射位相と良く一致し、有効媒質モデルの有効性を高める。

【図5a】



【図 5 b】

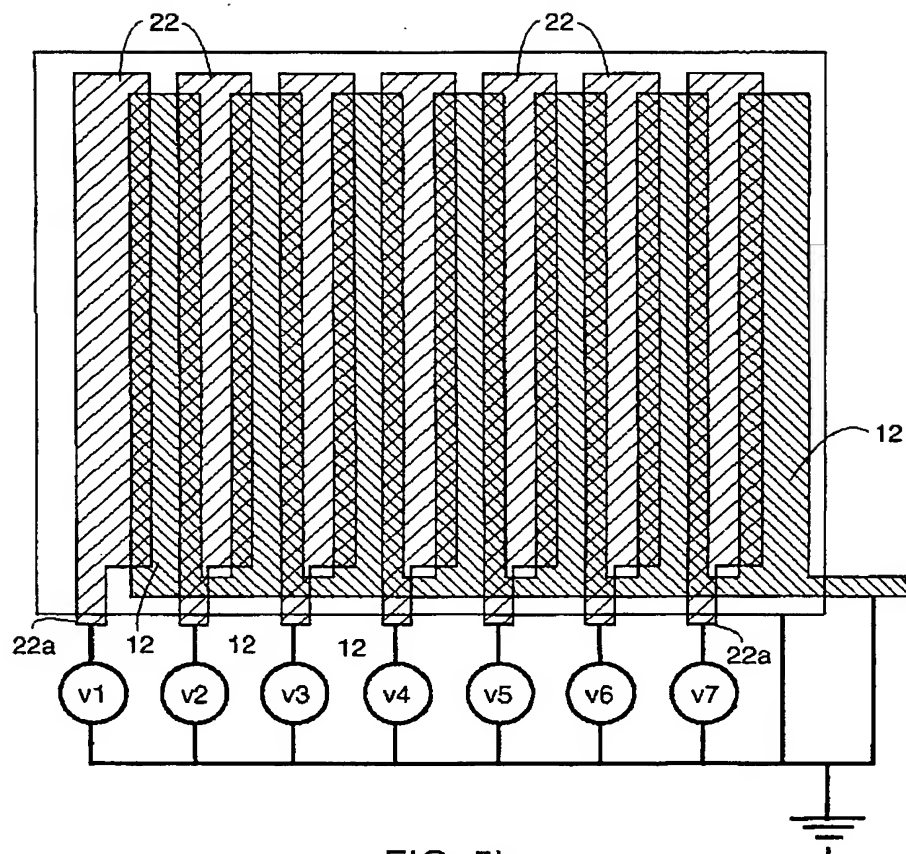
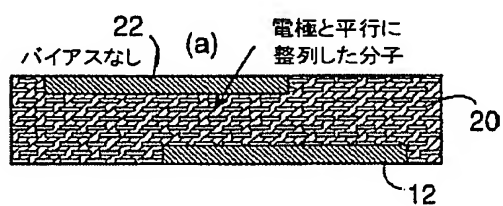
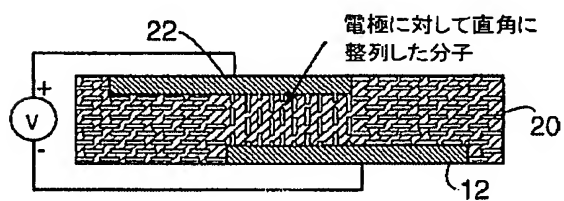


FIG. 5b

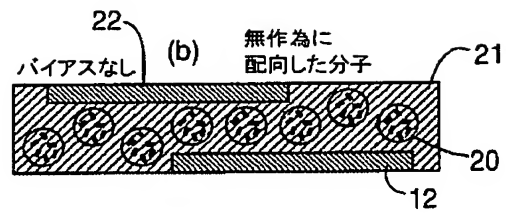
【図 6 a 1】



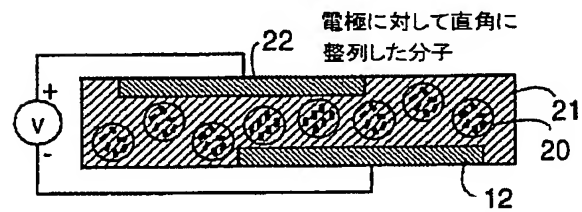
【図 6 a 2】



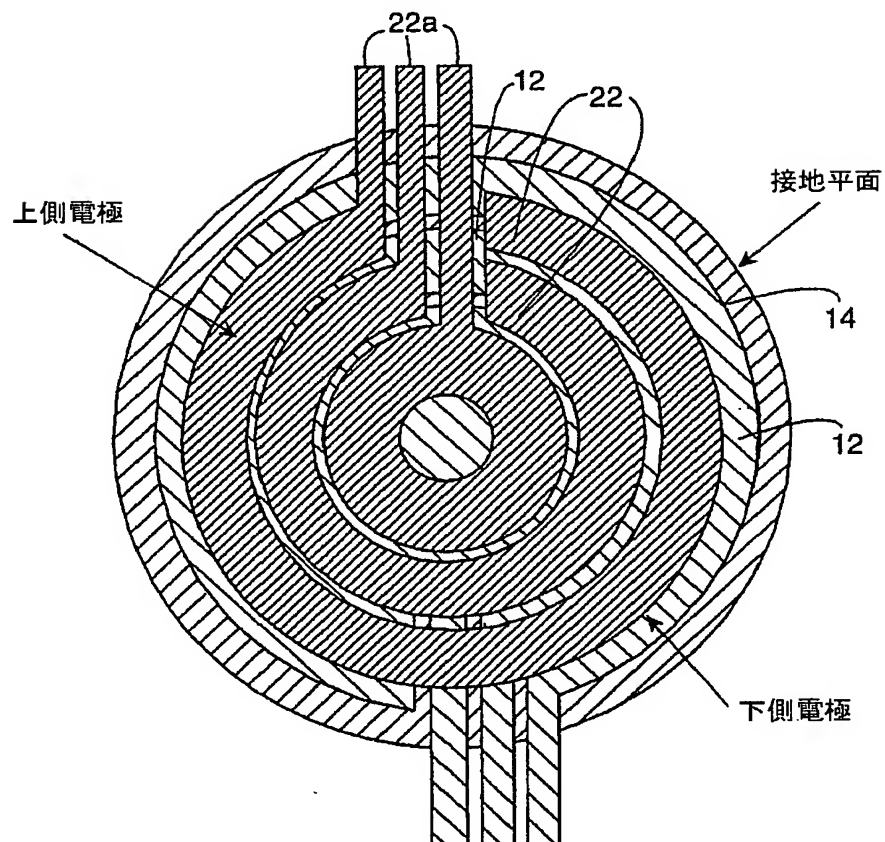
【図 6 b 1】



【図 6 b 2】



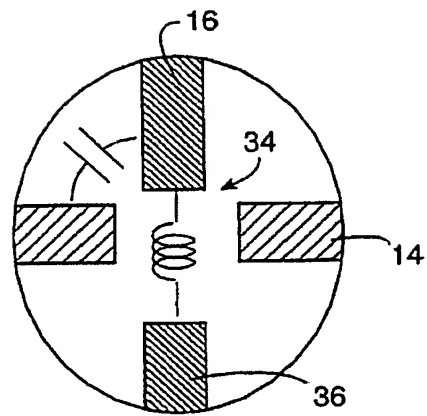
【図 7】



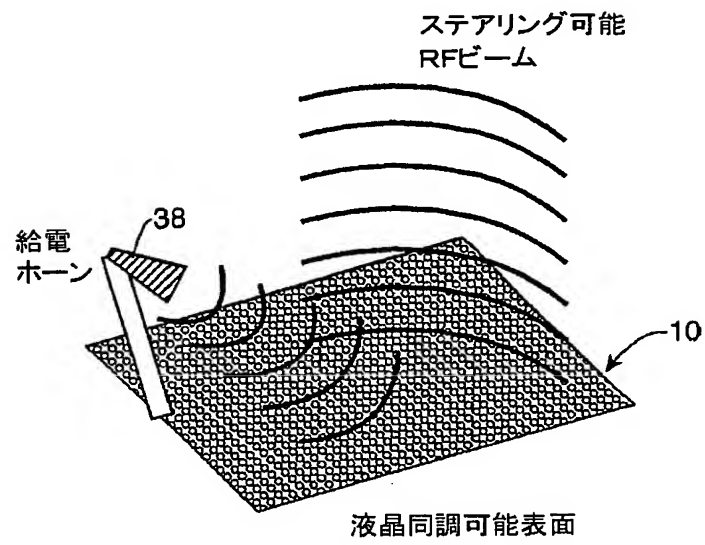
A schematic diagram of a 4x4 grid of square cells. Each cell contains a small circle at its center. The cells are interconnected by a network of horizontal and vertical lines. Some of these lines are solid, while others are dashed. A dashed line forms a larger square frame around the grid. Labels include '22' pointing to the top-left cell and the top edge of the grid, and '12' pointing to the right edge of the grid.

FIG. 8b

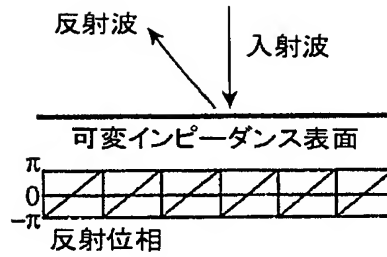
【図8c】

スルーホールの
等価回路

【図9】

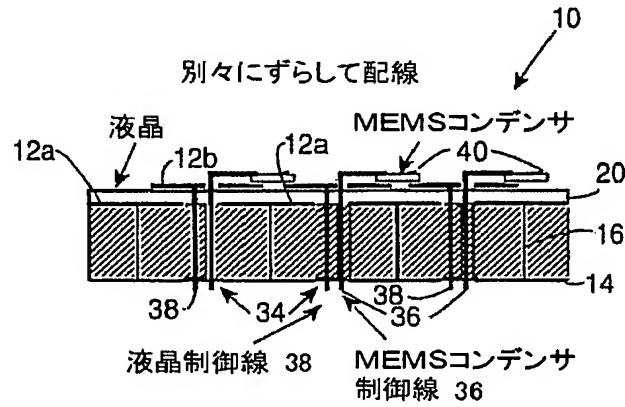


【図 10】

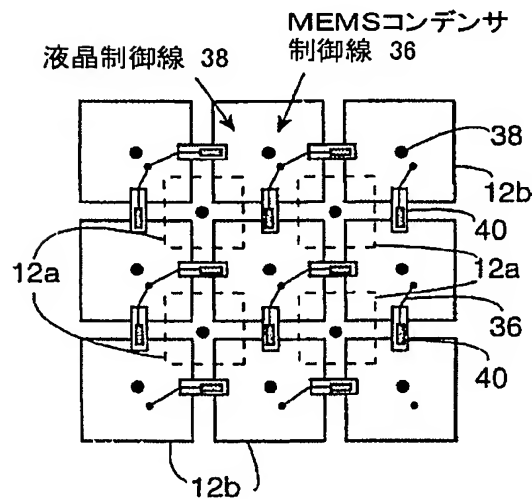


大きな角度ステアリングするためには、位相関数は 2π の不連続性を含むことになる。この場合、表面はフレネル反射器と同様となる。

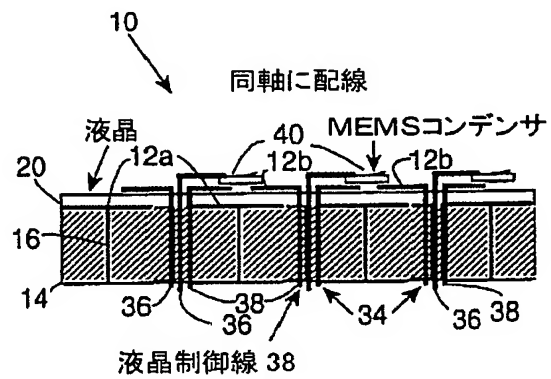
【図 11 a】



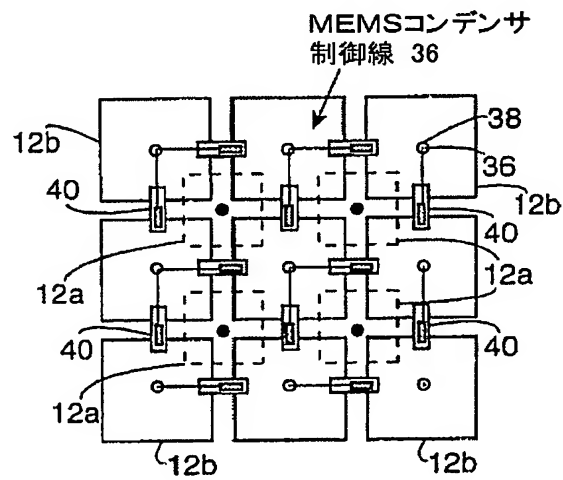
【図 11 b】



【図 12 a】



【図 12 b】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.
PCT/US 01/00855

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 H01Q15/00 H01Q3/44		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 H01Q		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)		
WPI Data, PAJ, EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 721 194 A (SCOTT JAMES FLOYD ET AL) 24 February 1998 (1998-02-24) column 11, line 50 - line 61; figure 21 column 1, line 9 - column 2, line 30 ---	1, 20
X	BRADLEY T W ET AL: "DEVELOPMENT OF A VOLTAGE-VARIABLE DIELECTRIC(VVD), ELECTRONIC SCAN ANTENNA" RADAR '97. EDINBURGH, OCT. 14 - 16, 1997, IEE CONFERENCE PUBLICATION, LONDON: IEE, GB, vol. NO. 449, 14 October 1997 (1997-10-14), pages 383-385, XP000776893 ISBN: 0-85296-698-9 the whole document --- -/--	1
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents: *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claims or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document relating to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. *G* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
28 August 2001		05/09/2001
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5816 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl. Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Wattiaux, V

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter. Appl. No.
PCT/US 01/00855

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of document, with indication where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 150 382 A (KING RAY J) 17 April 1979 (1979-04-17) abstract -----	1-23

1

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No.

PCT/US 01/00855

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5721194 A	24-02-1998	US 5472935 A	05-12-1995
		AU 680866 B	14-08-1997
		AU 5897394 A	22-06-1994
		CA 2150690 A	09-06-1994
		EP 0672308 A	20-09-1995
		FI 953834 A	14-08-1995
		JP 8509103 T	24-09-1996
		WO 9413028 A	09-06-1994
		US 5694134 A	02-12-1997
		US 5589845 A	31-12-1996
US 4150382 A	17-04-1979	NONE	

フロントページの続き

(81)指定国 EP(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AP(GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW

(72)発明者 シーヴェンパイパー, ダニエル

アメリカ合衆国, 90064 カリフォルニア
州, ロス アンジェルス, #215, エクス
ポジション ブールヴァード 11300

(72)発明者 スー, ツングーユアン

アメリカ合衆国, 91361 カリフォルニア
州, ウェストレイク ヴィレッジ, スリー
スプリングス ドライヴ 3463

(72)発明者 ウー, シンーツォン

アメリカ合衆国, 91324 カリフォルニア
州, ノースリッジ, フランクフォート ス
トリート 19138

(72)発明者 ペッパー, デイヴィッド, エム.

アメリカ合衆国, 90265 カリフォルニア
州, マリブ, ラティゴ キャニオン ロー
ド 3925

Fターム(参考) 5J020 AA03 AA06 BA06 BC13
5J021 AA05 AA09 AB06 HA05 JA03
5J045 AA01 AA04 DA09 EA07 MA04
5J046 AA02 AA04 AA12 AB13 PA07